

## **Ciência Histórica, Ciência Experimental e o Método Científico**

Muitos cientistas acreditam que existe um método uniforme e interdisciplinar para a prática da boa ciência. Os exemplos paradigmáticos, no entanto, são extraídos da ciência experimental clássica. Na medida em que as hipóteses históricas não podem ser testadas em laboratórios controlados, a pesquisa histórica é, às vezes, considerada inferior à pesquisa experimental. Em primeiro lugar, a superioridade reputada da pesquisa experimental baseia-se em relatos da metodologia científica (indutivismo baconiano ou falsificacionismo) que são profundamente falhos, tanto logicamente quanto como relatos das práticas reais dos cientistas. Em segundo lugar, embora existam diferenças fundamentais na metodologia entre cientistas experimentais e cientistas históricos, eles são ligados a uma característica penetrante da natureza, uma assimetria temporal da causalidade. Como conseqüência, a afirmação de que a ciência histórica é metodologicamente inferior à ciência experimental não pode ser sustentada.

Métodos experimentais são comumente sustentados como o paradigma para testar hipóteses: o método científico, amplamente divulgado em textos de ciência introdutória, é modelado sobre eles. Mas nem todas as hipóteses científicas podem ser testadas em laboratório. Hipóteses históricas que postulam causas passadas particulares para fenômenos observáveis ??atualmente fornecem bons exemplos. Embora hipóteses históricas sejam normalmente associadas com áreas como paleontologia e arqueologia, são também comuns em geologia, ciência planetária, astronomia e astrofísica. Algumas hipóteses familiares são a deriva continental, a extinção do impacto do meteorito dos dinossauros, a origem do big bang do universo e, mais recentemente, a hipótese de que há planetas orbitando estrelas distantes. O que todas estas hipóteses têm em comum é explicar fenômenos observáveis ??(por exemplo, as formas complementares da costa leste da América do Sul e da costa oeste da África, o irídio e quartzo chocados no limite Cretáceo-Terciário) em termos de suas causas passadas. Conforme discutido aqui, o uso de simulações computacionais não altera seu caráter histórico.

Apesar da ideia de que todos os bons cientistas empregam um único método para testar hipóteses ser popular uma inspeção das práticas de cientistas históricos e cientistas experimentais revela diferenças substanciais. A pesquisa experimental clássica envolve fazer previsões e testá-las, idealmente em ambientes laboratoriais controlados. Em contraste, a pesquisa histórica envolve a explicação de fenômenos observáveis ??em termos de causas não observáveis ??que não podem ser totalmente replicadas em um laboratório. Muitos cientistas experimentais reconhecem essa diferença e identificam práticas científicas sólidas com seu próprio trabalho, às vezes denigrem as afirmações dos cientistas históricos, alegando que não podem falsificar suas hipóteses ou que seus argumentos confirmatórios parecem tão somente histórias (histórias fantasiosas de Rudyard Kipling, por exemplo, como os leopardos obtiveram suas manchas). O surpreendente número de físicos e químicos que atacam o status científico da evolução neodarwiniana fornece exemplos reveladores desse fenômeno. A crítica mais acentuada da ciência histórica, porém, vem de um editor da Nature, Henry Gee (1999, p.5-8), que explicitamente atacou o status científico de todas

as hipóteses sobre o passado remoto; Em suas palavras, "eles nunca podem ser testados por experiência, e assim eles não são científicos. . . Nenhuma ciência pode ser histórica".

Primeiramente, objeções tais como a de Gee são baseadas em equívocos comuns sobre a prática experimental e a metodologia científica em geral. Em segundo lugar, as diferenças de metodologia que realmente existem entre a ciência histórica e a ciência experimental baseiam-se em uma característica notável da natureza: uma assimetria causal entre eventos presentes e passados, por um lado, e eventos presentes e futuros, por outro. Na medida em que cada prática é adaptada para explorar as informações que a natureza coloca à sua disposição para avaliar hipóteses, e o caráter dessa informação difere, nenhuma prática pode ser considerada mais objetiva ou racional do que a outra.

## O Método Científico

As hipóteses testadas na pesquisa experimental clássica são de caráter geral; " Todo cobre se expande quando aquecido " fornece um exemplo. Uma declaração condicional **T** (implicação de teste) é inferida a partir de uma hipótese **H**. **T** afirma o que deve acontecer se **H** for verdadeira. As implicações do teste têm a seguinte forma: se a condição **C** (aquecer um pedaço de cobre) é provocada, então o evento **E** (a expansão do cobre) ocorrerá. As implicações do teste fornecem a base para experiências. A condição **C** é produzida artificialmente no laboratório, e os investigadores procuram uma instância de **E**.

Como as hipóteses são avaliadas à luz das evidências obtidas em um experimento? Sob a rubrica "o método científico", os textos científicos, desde a escola até a faculdade, fornecem invariavelmente uma (ou uma combinação) de dois relatos: o indutivismo científico ou o falsificacionismo. O indutivismo científico, comumente atribuído a Francis Bacon, sustenta que a ocorrência do evento previsto **E** sob a condição **C** provê evidência confirmadora de **H**, e que se suficientes evidências de confirmação do tipo certo forem obtidas, **H** deve ser aceito pela comunidade científica. Infelizmente, o indutivismo científico corre contra o problema obscuro da indução: nenhum corpo finito de evidências pode estabelecer conclusivamente uma generalização universal. Diante do problema da indução, muitos cientistas adotam o falsificacionismo, que sustenta que, embora as hipóteses não possam ser provadas, elas podem ser refutadas. Ao contrário do indutivismo, o falsificacionismo recebe apoio da lógica. Ele utiliza uma regra de inferência logicamente verdadeira chamada "modus tollens".

De acordo com *modus tollens*, uma generalização é falsa se tiver pelo menos um contra-exemplo. A hipótese de que todo o cobre se expande quando aquecido é, portanto, falsa se houver um único caso em que o cobre não se expande quando aquecido. Assim, embora nunca se possa provar a hipótese (porque nenhuma quantidade de testes pode descartar a possibilidade de que um pedaço de cobre algum dia não se expanda quando aquecido), parece que ela poderia ser refutada. Nos círculos filosóficos, o falsificacionismo está associado ao trabalho de Karl Popper (1963), que desenvolveu a visão lógica sobre o *modus tollens* em um sofisticado relato da prática

científica. A ideia básica por trás do falsificacionismo Popperiano é submeter uma hipótese a um "teste arriscado", um teste que, no contexto de suas crenças de base, é julgado altamente provável de produzir um resultado desconcertante. Se a predição falhar, *modus tollens* é invocado, ea hipótese é rejeitada impiedosamente. De acordo com o falsificacionismo, não é científico tentar confirmar uma hipótese.

Por mais de 50 anos, os filósofos sabem que o falsificacionismo é profundamente falho. Há duas dificuldades centrais. Primeiro, qualquer situação experimental real envolve um número enorme de suposições auxiliares sobre equipamentos e condições de fundo, para não mencionar a verdade de outras teorias amplamente aceitas. Quando essas condições são levadas em consideração, a inferência lógica licenciada por *modus tollens* é radicalmente alterada. A falsidade de uma suposição auxiliar (versus a hipótese alvo) poderia ser responsável por uma predição falha. Todo estudante de ciências está implicitamente ciente disso porque as repetições de experimentos clássicos em exercícios de laboratório muitas vezes dão errado, não porque a hipótese que está sendo testada é falsa, mas porque, por exemplo, o mal funcionamento do equipamento ou a amostra está contaminada. Além disso, esta dificuldade não pode ser contornada pela variação das condições sob as quais uma hipótese é testada, dado que o número de condições auxiliares envolvidas em qualquer situação do mundo real é desconhecida e potencialmente infinita; é impossível controlar todas elas. A famosa diretriz Popperiana para fazer o sacrifício e rejeitar a hipótese diante de uma predição fracassada não tem força lógica. Além disso, como Kuhn (1970) apontou, os cientistas quase nunca praticam o falsificacionismo. Em face de uma previsão fracassada, eles montam uma pesquisa continuada para condições diferentes de **C** que podem ser responsáveis. Isso equivale a exercer a opção logicamente permissível de salvar uma hipótese ao rejeitar um pressuposto auxiliar. Um bom exemplo é dado pela resposta dos astrônomos do século XIX às perturbações na órbita de Urano; a órbita desviou-se do que foi predito pela mecânica celeste de Newton. Os astrônomos não se comportaram como bons falsacionistas e rejeitaram a teoria de Newton: [ao invés eles] rejeitaram a suposição de que não havia planetas além de Urano e descobriram o planeta Netuno. A moral desta história é que rejeitar uma hipótese diante de uma predição fracassada é às vezes a coisa errada a fazer; não é um acidente que a lógica nos dá a opção de rejeitar uma suposição auxiliar em vez disso. Em resumo, a lógica não determina que os cientistas se comportem como bons falsacionistas, e os cientistas não se comportam de fato como bons falsificadores. Como consequência, o falsificacionismo não pode ser usado para justificar a superioridade de uma ciência sobre outra *vis-à-vis* do teste de hipóteses.

Uma hipótese sobrevive a testes semelhantes e ninguém espera que ele falhe na próxima vez. Mesmo que isso aconteça, ela não será automaticamente rejeitada. Sob essa perspectiva, a atividade se assemelha mais a uma tentativa de proteger a hipótese de confirmações enganosas. Em outras palavras, um olhar mais atento sobre o trabalho de cientistas experimentais sugere que eles estão preocupados principalmente em proteger suas hipóteses contra falsos negativos e falsos positivos, ao contrário de implacavelmente tentar falsificá-las. Isso faz sentido porque, como discutido anteriormente, qualquer teste real de uma hipótese envolve muitas condições auxiliares que podem afetar o resultado da experiência independentemente da verdade da hipótese.

Sob esta luz, vejamos as supostas diferenças problemáticas entre ciência histórica e experimental. Os cientistas históricos são igualmente cativados pelo falsificacionismo como cientistas experimentais; Como afirmam três geólogos eminentes (Kump et al., 1999, p. 201) em uma recente discussão sobre a extinção dos dinossauros, "um princípio central do método científico é que as hipóteses não podem ser provadas, apenas refutadas". No entanto, há pouco na avaliação de hipóteses históricas que se assemelham ao que é prescrito pelo falsificacionismo. A teoria do big bang sobre a origem do universo fornece um excelente exemplo. Ele postula uma ocorrência particular (uma explosão primordial) para algo que podemos observar hoje, ou seja, a radiação de fundo de três graus, detectada pela primeira vez por antenas de satélite na década de 1960. Traços, como a radiação de fundo de três graus, fornecem evidências de hipóteses históricas, assim como as previsões bem-sucedidas fornecem evidências para as generalizações testadas na ciência experimental. No entanto, há pouca ou nenhuma possibilidade de experiências controladas, porque o tempo requerido é demasiado longo e/ou as condições de teste relevantes são demasiado complexas e dependem de condições estranhas desconhecidas ou mal compreendidas para serem realizadas artificialmente.

Isso não significa, contudo, que hipóteses sobre eventos passados não possam ser testadas. Como geólogo T.C. Chamberlin (1897) observou, bons pesquisadores históricos se concentram na formulação de múltiplas hipóteses concorrentes (versus única). A atitude de Chamberlin em relação ao teste dessas hipóteses era falsificadora em espírito; cada hipótese deveria ser submetida independentemente a testes severos, com a esperança de que alguns pudessem sobreviver. Um olhar sobre as práticas reais de pesquisadores históricos, no entanto, revela que a ênfase principal é encontrar provas positivas - uma *smoking gun* (evidência favorável). Uma *smoking gun* é um indício que salienta uma das hipóteses concorrentes como fornecendo uma melhor explicação causal para os vestígios atualmente disponíveis do que os outros.

O ponto é, a modelagem de eventos passados é o trabalho teórico, e embora possa render previsões, essas previsões são tão seguras como as suposições sobre as quais o modelo se baseia. O melhor que se pode fazer é procurar fenômenos preditos no mundo incontrolável da natureza, e não há garantias de que eles serão encontrados, mesmo supondo que a hipótese esteja correta. Isso nos leva ao ponto crucial: embora os modelos auxiliados por computador possam sugerir o que procurar na natureza, e traços e alguns pressupostos auxiliares podem ser investigados em laboratório, não se pode testar experimentalmente uma hipótese histórica per se; para recapitular, o tempo é muito longo e as condições de teste muito complexas para serem replicados em um laboratório.

Em resumo, Gee (1999) estava correto sobre a existência de diferenças fundamentais na metodologia usada por cientistas históricos e experimentais. Os cientistas experimentais concentram-se em uma hipótese única (às vezes complexa), e a principal atividade de pesquisa consiste em trazer repetidamente as condições de teste especificadas pela hipótese e controlar fatores estranhos que podem produzir falsos positivos e falsos negativos. Os cientistas históricos, em contraste, geralmente se concentram na formulação de **múltiplas hipóteses concorrentes**

sobre eventos passados ??particulares. Seus principais esforços de pesquisa estão direcionados à busca de uma *smoking gun*, um traço que diferencie uma hipótese como fornecendo uma melhor explicação causal (para os traços observados) do que os outros. Essas diferenças de metodologia não suportam, no entanto, a afirmação de que a ciência histórica é metodologicamente inferior, porque refletem uma diferença objetiva nas relações evidenciais à disposição dos pesquisadores históricos e experimentais para avaliar suas hipóteses.

### **Assimetria da Sobredeterminação**

Eventos localizados tendem a estar causalmente conectados no tempo de forma assimétrica. Como exemplo, a erupção de um vulcão tem muitos efeitos diferentes (por exemplo, cinzas, pedrapomes, massas de basalto, nuvens de gases), mas apenas uma pequena fração deste material é necessária para inferir que ela ocorreu; expondo dramaticamente: não se precisa de partículas de cinzas a cada minuto. Na verdade, qualquer uma de um número enorme de subcoleções notavelmente pequenas desses efeitos são suficientes. As coisas correndo no outro sentido do tempo, no entanto, produzem resultados surpreendentemente diferentes. Prever a ocorrência de uma erupção é muito mais difícil do que inferir uma que já ocorreu. Existem muitas condições possivelmente relevantes (conhecidas e desconhecidas), na ausência das quais uma erupção não ocorrerá.

O filósofo David Lewis (1991) chamou essa assimetria de tempo de causalidade "a assimetria da sobredeterminação". A ideia básica é que os eventos presentes localizados sobredeterminam suas causas e subdeterminam seus efeitos. Talvez a melhor maneira de apreciar a extensão da assimetria da sobredeterminação seja considerar a dificuldade de cometer um crime perfeito.

A fonte física da assimetria da causação é controversa. O fenômeno das ondas de assimetria radiativa (eg, água, luz) diverge do futuro a partir de suas fontes - e as condições iniciais do universo (Price, 1996 ). No entanto, há um consenso geral de que ela representa um fenômeno físico objetivo e penetrante, pelo menos no nível macro da natureza (por exemplo, vulcões, rochas, pedadas, fósseis, estrelas).

A assimetria da sobredeterminação explica as diferenças, supostamente problemáticas, entre a ciência histórica e experimental, em relação ao teste de hipóteses. Assim como há muitas possibilidades diferentes (subcoleções de traços) para a captura de criminosos, então há muitas possibilidades diferentes para estabelecer o que causou a extinção dos dinossauros. Como pesquisadores criminais, os cientistas históricos coletam evidências, consideram suspeitos e seguem pistas. Mais precisamente, eles postulam diferentes etiologias causais para os traços que observam e, em seguida, tentam discriminar entre eles procurando uma *smoking gun* - um traço que identificará o culpado além de uma dúvida razoável.

Lewis (1991) caracterizou explicitamente a assimetria da sobredeterminação em termos de suficiência causal. No entanto, pode vir a ser um fenômeno probabilístico; subcoleções de

vestígios podem tornar suas causas meramente altamente prováveis, em oposição à sua determinação. A experiência humana é consistente com qualquer possibilidade. Assim como o trabalho experimental é irremediavelmente falível - devido à ameaça não eliminável de condições de interferência desconhecidas - então os vestígios descobertos pelo trabalho de campo nunca são suficientes para estabelecer conclusivamente a ocorrência de um evento passado hipotético, talvez porque não descobrimos o suficiente sobre eles ou talvez porque não há subcoleções **causalmente suficientes**. Em ambos os casos, entretanto, a assimetria da (quase) sobredeterminação ajuda a explicar a metodologia dos pesquisadores históricos. Diz-nos que **uma subcoleção de traços notavelmente pequena é suficiente para conferir pelo menos uma alta probabilidade na ocorrência de um evento passado e que é provável que haja muitas dessas subcoleções**.

Isso nos leva à prática da ciência experimental. A causação de um evento é um assunto complexo. Considere um curto-circuito que faz com que uma casa incendeie. Retire o curto-circuito e a casa não teria queimado; o curto-circuito disparou o fogo. Mas há muitos outros fatores que são parte da causa total do incêndio (por exemplo, a presença de material inflamável, a ausência de *sprinklers*), e a ausência de qualquer um deles (nas circunstâncias que realmente existiam) também teria sido suficiente para evitar o fogo. Em outras palavras, eventos localizados (como o curto circuito) que normalmente são identificados como as causas de eventos posteriores (casas queimando) subdeterminá-los; considerando-os apenas em si mesmos, não são suficientes para garantir causalmente a ocorrência do efeito.

## **Conclusão**

Quando se trata de testar hipóteses, a ciência histórica não é inferior à ciência experimental clássica. Os relatos tradicionais do método científico não podem ser usados para apoiar a superioridade do trabalho experimental. Além disso, as diferenças metodológicas que realmente existem entre a ciência histórica e a ciência experimental estão ligadas a uma característica objetiva e penetrante da natureza, a assimetria da sobredeterminação. Na medida em que cada prática explora seletivamente as diferentes informações que a natureza coloca à sua disposição, não há motivos para alegar que as hipóteses de uma são mais firmemente estabelecidas por evidências do que as da outra.

---

## **Tradução literal de excertos de:**

**Cleland, Carol E.** Historical science, experimental science, and the scientific method. *Geology* 29.11 (2001): 987-990." (Júnior D. Eskelsen,)

...